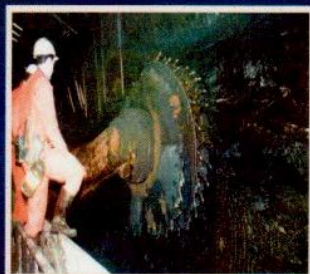
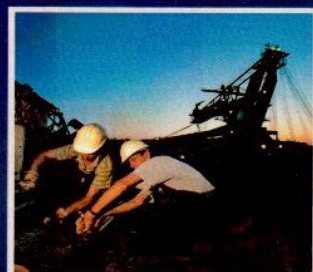


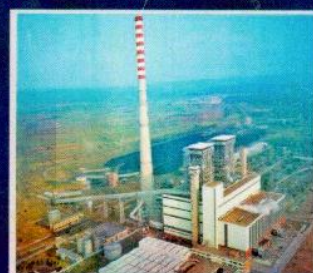


II MEĐUNARODNI SIMPOZIJUM ENERGETSKO RUDARSTVO ER 08

2nd INTERNATIONAL SYMPOSIUM MINING ENERGETIC ME 08



ZBORNİK RADOVA PROCEEDINGS



SAVREMENE TENDENCIJE U RAZVOJU ENERGETSKOG RUDARSTVA

MODERN TENDENCIES IN THE DEVELOPMENT OF ENERGY MINING

**TARA
15-18. septembar 2008.**



2nd International Symposium MINING ENERGETIC 08

15-18. September, 2008., Tara

II Međunarodni simpozijum ENERGETSKO RUDARSTVO 08

15-18. Septembar, 2008., Tara

SAVREMENE TENDENCIJE U RAZVOJU ENERGETSKOG RUDARSTVA

MODERN TENDENCIES IN THE DEVELOPMENT OF ENERGY MINING

ZBORNIK RADOVA PROCEEDINGS

Urednik/Editor
Doc. dr Ivica Ristović

Tara
15-18. Septembar, 2008

**II Međunarodni simpozijum ENERGETSKO RUDARSTVO 08
SAVREMENE TENDENCIJE U RAZVOJU ENERGETSKOG RUDARSTVA**

**2nd International Symposium MINING ENERGETICS 08
MODERN TENDENCIES IN THE DEVELOPMENT OF ENERGY MINING**

Urednik/Editor: Doc. dr Ivica Ristović, dipl. inž. rud., Rudarsko-geološki fakultet Univerziteta u Beogradu

Recenzenti/Reviewers:

Prof. dr Božo Kolonja, Srbija
Prof. dr Miloš Grujić, Srbija
Prof. dr Vladimir I. Galkin, Rusija
Prof. dr Zoran Despodov, Republika Makedonija
Doc. dr Milivoj Vulić, Slovenija
Doc. dr Vieroslav Molnár, Slovačka
Doc. dr Ivica Ristović, Srbija
dr Željko Vukelić, Slovenija

Uređivački odbor/Editorial Board: prof. dr Rudolf Tomanec, predsednik; prof. dr Dragan Ignjatović, šef Rudarskog odseka; prof. dr Nebojša Vidanović; prof. dr Lazar Kričak; prof. dr Dragan Đorđević; doc. dr Dejan Ivezić; doc. dr Vesna Karović-Maričić; Aleksandra Tomašević dipl.inž.rud.

Izdavač/Publisher: Rudarsko-geološki fakultet Univerziteta u Beogradu

Za idavača/For publisher: Prof. dr Božo Kolonja, dipl. inž. rud

Grafička priprema/Technical desing: Piramida, K. Mitrovica

Štampa/Printed by: Goragraf, Zemun

Tiraž/Copies: 150 primeraka

ISBN 978-86-7352-185-5

Publikovanje ovog zbornika radova odobreno je od strane Nastavno-naučnog veća Rudarsko-geološkog fakulteta Univerziteta u Beogradu

Svi radovi u zborniku su recenzovani/All Papers in Proceedings are reviewed

Ovaj zbornik radova je štampan uz finansijsku pomoć Ministarstva za nauku Republike Srbije

ORGANIZATOR/ORGANIZER:

UNIVERZITET U BEOGRADU, RUDARSKO - GEOLOŠKI FAKULTET
UNIVERSITY OF BELGRADE, FACULTY OF MINING AND GEOLOGY

SUORGANIZATORI/COORGANIZERS

PRIVREDNA KOMORA SRBIJE, UDRUŽENJE ENERGETIKE I ENERGETSKOG RUDARSTVA
SERBIAN CHAMBER OF COMMERCE, ASSOCIATION OF ENERGY AND ENERGY MINING

MOSKOVSKI DRŽAVNI RUDARSKI UNIVERZITET (MGGU), MOSKVA, RUSIJA
MOSCOW STATE MINING UNIVERSITY (MSMU), MOSCOW, RUSSIA

BERG FAKULTET TEHNIČKOG UNIVERZITETA, KOŠICE, SLOVAČKA
BERG FACULTY, TECHNICAL UNIVERSITY, KOŠICE

UNIVERZITET U LJUBLJANI, NARAVOSLOVNOTEHNIŠKA FAKULTETA, LJUBLJANA, SLOVENIJA
UNIVERSITY OF LJUBLJANA, FACULTY OF NATURAL SCIENCES AND ENGINEERING, SLOVENIA

PROGRAMSKI (NAUČNI) ODBOR/SCIENTIFIC COMMITTEE:

prof. **Jerzy Antoni**ak, Politehnika Slaska, Poljska, prof. **Monika Hardygora**, Politehnika Wroclaw, Poljska, prof. **Daniela Marasova**, BERG Faculty Košice, Slovačka, prof. **Vladimir I. Galkin**, MSMU Moskva, Rusija, prof. **Nikolaj M. Kachurin**, TulGU, Tula, Rusija, prof. **Nediljka Gaurina Međimurec**, MGOF, Zagreb, Hrvatska, prof. **Horst Gondek**, VŠB Ostrava, Češka Republika, prof. **Zoran Despodov**, FMG, Štip, Republika Makedonija, prof. **Božo Kolonja**, RGF, Beograd, prof. **Miloš Grujić**, RGF, Beograd, Srbija, prof. **Dragan Ignjatović**, RGF, Beograd, Srbija, prof. **Blagoje Nedeljković**, FTN Kosovska Mitrovica, Srbija, prof. **Vitomir Milić**, TF, Bor, Srbija, prof. **Miroslav Ignjatovic**, MMI Bor, Srbija, Doc. **Ivica Ristović**, RGF, Beograd, Srbija, Doc. **Vieroslav Molnár**, BERG Faculty Košice, Slovačka, Doc. **Milivoj Vulić**, FNSE, Ljubljana, Slovenija, dr **Željko Vukelić**, FNSE, Ljubljana, Slovenija

POČASNI ODBOR/COMMITTEE OF HONOUR

prof. dr **Božo Kolonja**, Dekan, RGF, Beograd, prof. dr **Radomir Turk**, Dekan, FNSE, Ljubljana, prof. dr **Evgenia E. Šeško**, MGGU, Moskva, prof. **Daniela Marasova**, BERG Faculty Košice, **Miloš Bugarin**, Predsednik Privredne komore Srbije, dr **Vladimir Đorđević**, Generalni direktor EPS, Beograd, dr **Miloš Milanković**, Generalni direktor EMS, Beograd, **Sava Đurić**, Direktor, NIS-Naftagas, Novi Sad, dr **Milan Medved**, Generalni direktor, Premogovnik Velenje, **Vladan Jovičić**, Direktor PD RB Kolubara, **Sava Kovačev**, Direktor Kolubara Metal, Vreoci, **Dragan Živković**, Direktor PD TEKO Kostolac, **Dragan Radaković**, Direktor JP PK Kosovo, **Dragan Popović**, Direktor TENT, Obrenovac, mr **Zlatko Dragosavljević**, Direktor JPPEU, Resavica, **Dragan Dražović**, Direktor RI, Beograd.

ORGANIZACIONI ODBOR/ORGANIZING COMMITTEE:

dr **Ivica Ristović**, predsednik, dr **Miroslav Ignjatović**, podpredsednik, dr **Goran Vižintin**, podpredsednik, dr **Gabriel Fedorko**, podpredsednik, **Verica Ražnatović**, sekretar, **Milenko Vulićević** - PD RB Kolubara, **Miroslav Ivković** - PD TO Kostolac, **Sasa Jakić** - Transnafta, **Ivica Jakovljević** - JP PK Kosovo, dr **Miodrag Denić** - JPPEU, **Mićun Žugić** - MINCO, dr **Zoran Nikić** - Šumarski fakultet, **Jiri Fries** - TU Ostrava, **Nikoleta Husakova** - BERG Košice, **Bojana Simić**, RGF, Beograd.

SPONZORI/SPONSORS:

Ministarstvo nauke Republike Srbije, JP Elektroprivreda Srbije, Beograd, JP Elektromreže Srbije, Beograd, PD RB Kolubara, Lazarevac, PD Kolubara Metal, Vreoci, PD TEKO Kostolac, JP PK Kosovo, JP TENT, Obrenovac, NIS Naftagas, Novi Sad, VOITH TURBO d.o.o., Beograd.

PREMOGOVNIK, Velenje, FTT STOMIL, Wolbrom, ERICo, Velenje, NAFTA-GEOTERM, Lendava, HGEM, Ljubljana, IRGO, Ljubljana.

THE POSSIBILITIES OF COAL SEAM UNDERGROUND EXCAVATION IN REPUBLIC OF MACEDONIA WITH HIGH PRODUCTIVE EXCAVATION METHODS

MOGUĆNOSTI PODZEMNOG OTKOPAVANJA UGLJENIH SLOJEVA U REPUBLICI MAKEDONIJI SA PRIMENOM VISOKOPRODUKTIVNIH METODA

Zoran Despodov
Nikolinka Doneva
Stojance Mijalkovski

Faculty of Mining, Geology and Polytechnic Stip, Macedonia
Faculty of Mining, Geology and Polytechnic Stip, Macedonia
Faculty of Mining, Geology and Polytechnic Stip, Macedonia

Abstract: *The paper presents mining and geology properties of coal deposits in R.Macedonia predetermined for underground exploitation. Also it will be shown the way of coal seams preparation and development for underground excavation with longwall mining methods. Based on mining and geology properties of coal and it's caloric value it will be observed the possibilities for application on the longwall mining which is among excavation methods with highest production and capacity applied in the contemporary coal mines all around the World.*

Key words: coal seam, development, longwall mining.

Apstrakt: *U ovom radu biće prezentovane rudarsko-geološke osobine ugljenih ležišta, koja su predodređena za podzemno otkopavanje u R. Makedoniji. Takođe, biće dat način otvaranja i pripreme ugljenih slojeva za podzemnog otkopavanja sa primenom širokočelne otkopne metode. Na bazi rudarsko-geoloških osobina uglja i njegove toplotne vrednosti biće razmotrene mogućnosti primene širokočelnih otkopnih metoda, kao jedna od najproduktivnijih otkopnih metoda koja je zastupljena u savremenim rudnicima uglja u svetu.*

KLjučne reči: ugljeni sloj, otvaranje, priprema, širokočelna otkopna metoda.

1 UVOD

U okviru strateške odredbe za razvoj energetike u R. Makedoniji, bazirana na domaćim energetske potencijalima, još u periodu od 1975 do 1980 na širem prostoru države počele su obimne geološke regionalne prospekcije i detaljna istraživanja u pojedinim tercijarnim basenima i ležištima uglja. Detaljna geološka istraživanja pokazala su se kao pozitivna, a dobijeni rezultati su bili sigurna sirovinna baza za otvaranja površinskih kopova (Oslomej i Suvodol), sa ukupnim poizvodnim kapacitetom od 7 miliona tona, i termoenergetskim kapacitetima: TEC Bitola i TEC Oslomej, sa ukupnim kapacitetom proizvodnje električne energije od 800 MW. Ukupne bilansne rezerve uglja (lignita) procenjene su na 831.185.748 t, od njih 394.269.748t (47,4%) predodređeni su za površinsku eksploataciju, a 436.916.000 t (52,6%) za jamsku eksploataciju (literatura „ Istraživanje na mogućnostite za eksploatacija na jaglenite naogališta vo SRM so podzemna gasifikacija, NIP, RI - Skopje, 1988-1990).

U ovom radu biće analizirana tri ležišta uglja (Mariovo, Živojno i Negotino), koja su interesantna sa aspekata njihovih bilansnih rezervi, i pored toga što na teritoriji u R. Makedoniji postoje i druga manja ležišta uglja predodređena za jamsku eksploataciju.

2 KRATAK OPIS GEOLOGIJE, FIZIČKO-MEHANIČKE OSOBINE I KVALITET UGLJA

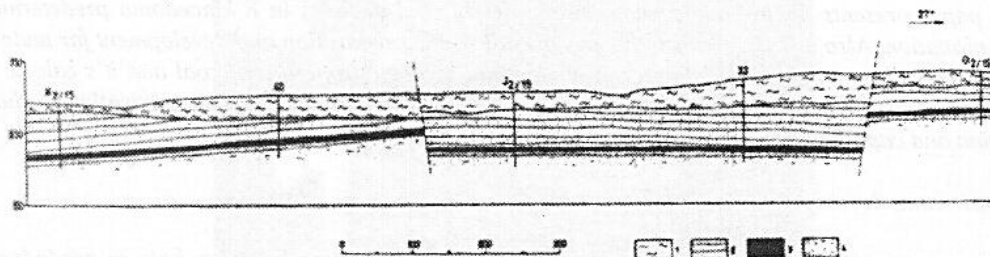
2.1 GEOLOGIJA

Ležište Živojno

Ovo ležište nalazi se u jugoistočnom delu Pelagoniskog basena, na severu je ograničeno sa Crnom Rekom, a na jugu sa makedonsko-grčkom granicom. U bazalnoj faciji ležišta razvijene su dve ugljene formacije:

- podinska ugljena formacija, koja leži direktno na paleoreljefu i
- produktivna ugljena formacija, razvijena u najvišim horizontima bazalne facije.

Osobito značenje za eksploataciju ima produktivna ugljena formacija, slika 1, koja je razvijena na prostoru od oko 30 km², a detaljno je istražena kod ležišta Živojno. Ova formacija predstavljena je glavnim ugljenim slojem, čija moćnost varira od 4 - 8 m, i veći broj podinskih slojeva, koji često imaju produktivnu debljinu, ali nemaju kontinuitet na većem prostoru. Glavni ugljeni sloj ima prosečnu debljinu od 3,80 m, nagib od 5 do 15° u pravcu jugozapada i kontinuitet po pružanju na većem prostoru. Dubina pojavljivanja ugljene formacije iznosi od 12,9 do 176,8 m. Ležište Živojno ima 105 miliona tona ukupne geološke rezerve uglja. U Tabeli 1, prikazani su kvalitativne karakteristike uglja ovog ležišta. U saglasnosti sa prezentovanih parametara, ugalj ovog ležišta je tipa mekših mrkih ugljeva - lignita, sa velikim procenatom sadržaja bitumena i niski sadržaj mineralne sastojke.



slika 1 Geološki profil ležišta Živojno, produktivna ugljena formacija
1-glinasto-pesčana serija, 2-alevrolitski glinci, 3-ugalj, 4- raznogradulirani pesak i prašine

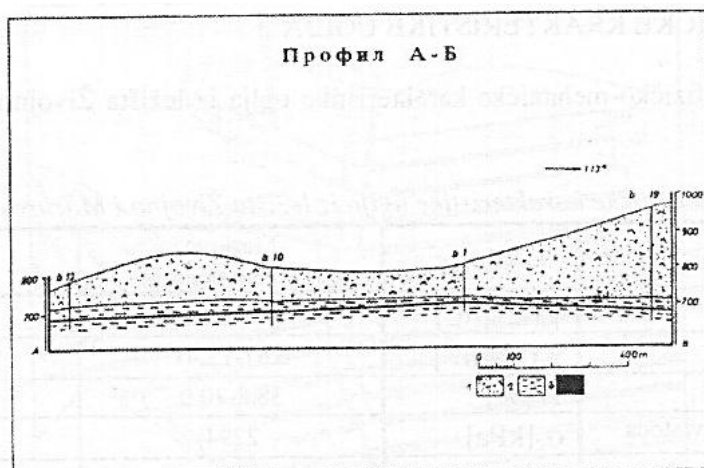
Ležište Mariovo

U okviru pliocenskog kompleksa na ležištu izdvojena su:

- bazalna facija,
- produktivna facija,
- facija šljunka, peska i sugline, i
- facija vulkanogeno-sedimentne tvorevine.

Produktivna ugljena formacija sl. 1, razvijena je u istočnim i zapadnim delovima basena. Ako se zanemari karakter ugljenosti na rubnih delova ležišta, može se konstatovati da je produktivna facija predstavljena jednim ugljenim slojem, sa subhorizontalni položaj, varijabilne debljine (od 1,3 do 14,9m) i relativna dubina pojavljivanja od 7,7 do 279 m.

Sa kvantitativnog aspekata ugalj iz ležišta Mariovo (tabela 1) predstavlja lignit sa velikim procentualnim učešćem pepela. Ukupne geološke rezerve uglja u ležištu Mariovo iznose oko 111 miliona tona.



slika 2 Geološki profil ležišta Mariovo
1-vulkanske breče i tufove, 2-laporce, 3-ugalj

Ležište Negotino

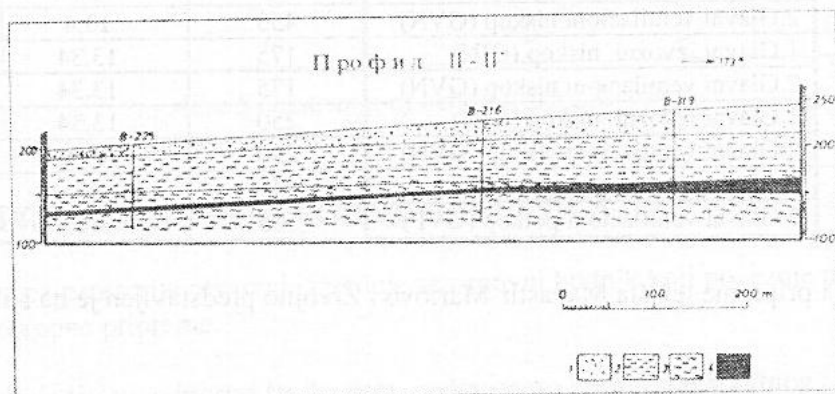
Ležište Negotino nalazi se južno i zapadno od reke Vardar, a istočno od Crne Reke i grada Kavadarci. Transgresivno od paleoreljefa, koji je izgrađen paleozojskim tvorevinama leži paleogeni, neogeni i kvartarni sedimentni kompleks.

Najveće procentualno učešće ima neogeni sedimentni kompleks, a radi njegove ugljene potencijalnosti on je dosta detaljno rasčljenjen, imeno superpoziciono izdvojeni su sledeće facije:

- bazalna facija,
- facija šarenih pesočnih glina,
- produktivna ugljena, laporovito glinesta facija,
- pesačno-glinasta facija i
- facija piroklasita.

Produktivna ugljena facija ležišta Negotino po svome razvoju ima dosta složeni karakter. Pored glavnog ugljenog sloja mogu se izdvojiti i dve pod facije (podinska i krovinska).

Jedino glavni ugljeni sloj (slika 3) koj ima kontinuitet na celom prostoru ležišta, predstavlja predmet detaljnih istraživanja. Debeljina glavnog ugljenog sloja varira od 1 do 12 m, tako da prosečna debljina za celo ležište iznosi 4,80 m. Ovaj ugljeni sloj ima heterogeni sastav, uslovljen pre svega od jalovinskih proslojaka ugljene i pesčane gline, čija debljina iznosi od 0,3 do 0,7 m. Ugljena formacija ima sinklinalni oblik, a njena krila imaju nagib od 5 do 8°. Na bazi velikog broja kvalitativnih analiza dobijeni su vrednosti kvalitativnih karakteristika (Tabela 1), što ukazuje na to, da ugalj pripada mekšim mrkim ugljevima. Ukupne geološke rezerve uglja u ležištu Negotino iznose 70 miliona tona, sa mogućnostima njihovog povećanja, jer granica ležišta prema jugu i zapadu je otvorena i nedefinisana.



slika 3 Geološki profil ležišta Negotino
1-raznogradulirani pesak, 2-laporovite gline, 3-gline, 4-ugalj

2.2 FIZIČKO - MEHANIČKE KARAKTERISTIKE UGLJA

Poseđujemo podatke za fizičko-mehaničke karakteristike uglja iz ležišta Živojno i Mariovo, i oni su prikazani u tabeli broj. 1.

Tabela br. 1 Fizičko-mehaničke karakteristike uglja iz ležišta Živojno i Mariovo

Fizičko-mehaničke karakteristike	Jedinice	Mariovo (istražni potkop)	Živojno
Specifična težina	$\gamma_s[\text{kN/m}^3]$	24.9-26.0	15.14
Volumenska težina	$\gamma_v[\text{kN/m}^3]$	6.67-12.41	11.54
Prirodna vlaga	W[%]	38.8-70.0	32-78
Jednoaksijalna pritiska čvrstoća	$\sigma_c[\text{kPa}]$	2294	72
Ugao unutrašnjeg trenja	$\phi[^\circ]$	21.44-30.40	50
Kohezija	C[kPa]	44-46	13.9
Modul stišljivosti	$M_v[\text{kN/m}^2]$	8100-20800	-

Kvalitativni parametri uglja sa ležišta pedodređena za jamsku eksploataciju prikazani su u Tabeli 2.

Tabela 2 Kvalitativni parametri uglja

Kvalitativni parametar	Jedinica	Mariovo	Živojno	Negotino
Ukupna vlaga	%	40,00	47,55	7,77 - 30,24
Pepeo	%	22,40	14,81	34,09 - 61,09
Ukupni sulfur	%	1,39	0,93	1,17 - 2,11
Koks	%	41,00	31,06	52,27 - 71,59
C-fiks	%	17,75	15,84	9,31 - 25,99
Sagorljive materije	%	41,13	36,96	35,8 - 55,70
Ispaljive materije	%	23,38	21,11	7,21 - 25,00
Gornja toplotna vrijednost	kJ/kg	9317	9879	6696 - 16389
Donja toplotna vrijednost	kJ/kg	7893	8179	5569 - 12477

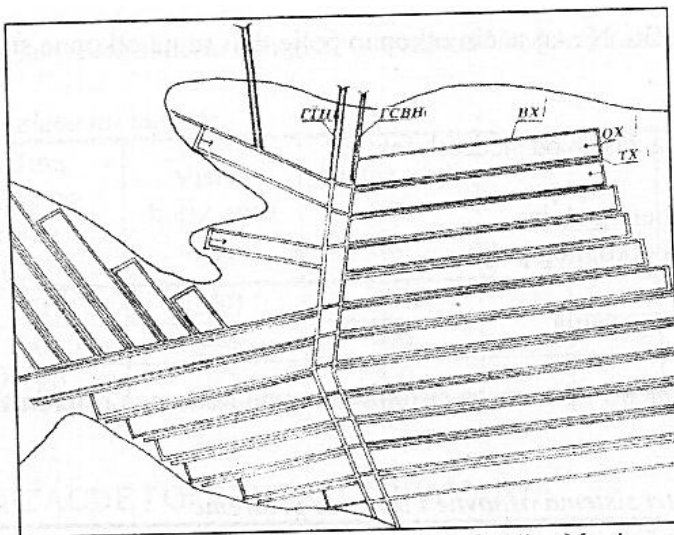
3 OTVARANJE LEŽIŠTA UGLJA

Otvaranje ovih ležišta se može izvršiti sa horizontalnim ili kosim rudarskim prostorijama (potkope i niskope), jer slojevi uglja (lignita) zaležu na manjim dubinama. U tabeli koja sledi prikazani su vrsta, dužina i poprečni presek objekata koji će služiti za otvaranje kod već spomenutih ugljenih ležišta.

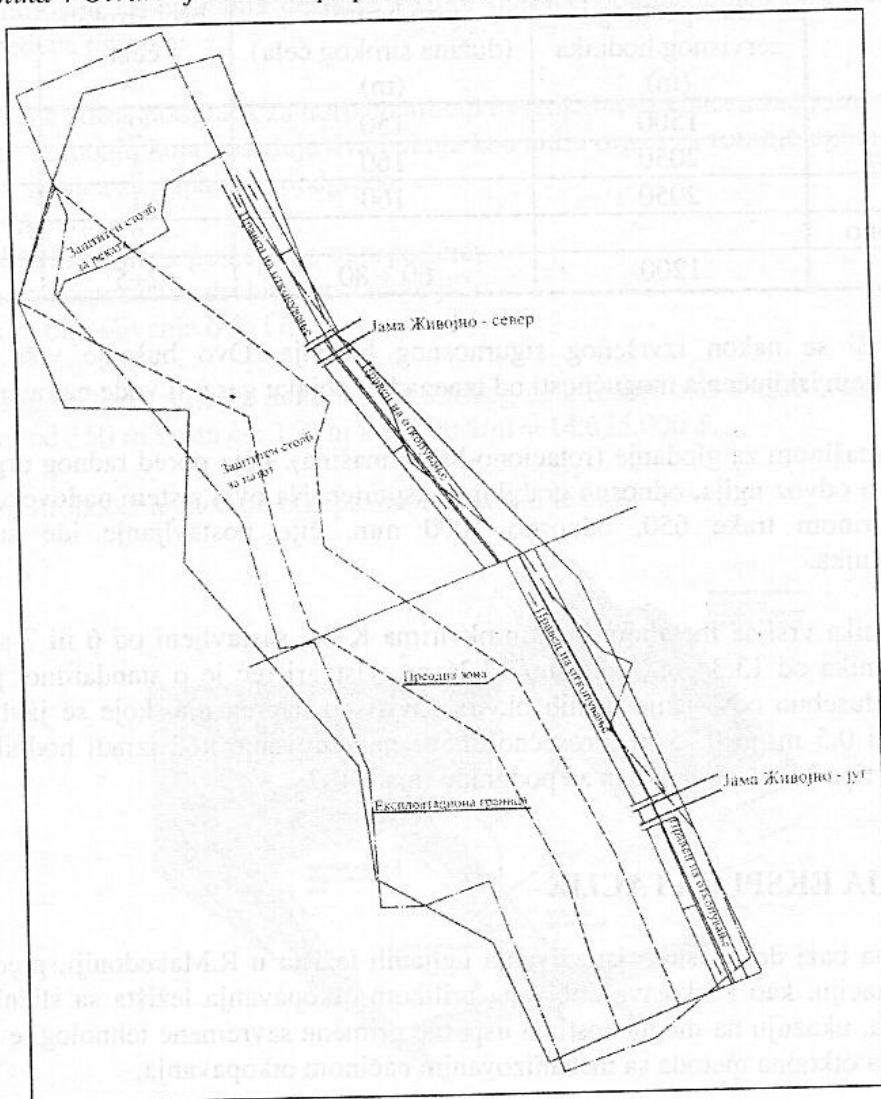
Tabela 3 Vrsta, dužina i poprečni presek objekata koji će služiti za otvaranje ležišta

Ležište	Vrsta objekta	dužina (m)	poprečni presek (m^2)	nagib ($^\circ$)
Mariovo-Manstir	1.Glavni izvozni niskop (GIN)	503	16	10
	2.Glavni ventilacioni niskop (GVN)	453	13,4	10
Živojno	sever 1.Glavni izvozni niskop (GIN)	175	13,34	10
	sever 2.Glavni ventilacioni niskop (GVN)	175	13,34	10
	jug 1.Glavni izvozni niskop (GIN)	250	13,34	10
	jug 2.Glavni ventilacioni niskop (GVN)	250	13,34	10
Negotino	1.Glavni izvozni potkop (GIP)	445	16	0
	2.Glavni ventilacioni potkop (GVP)	505	16	0

Način na otvaranje i pripreme ležišta Manastir-Mariovo i Živojno predstavljen je na slike 4 i 5.



slika 4 Otvaranje i sistem pripreme ugljenog ležišta Mariovo-Manastir



slika 5 Otvaranje ugljenog ležišta Živojno

4 OSNOVNA PRIPREMA PROIZVODNJIH JEDINICA

Posle izradu niskopa-prostorije otvaranja izrađuje se osnovni hodnik koji povezuje prostorije otvaranja sa prostorijama otkopne pripreme.

Priprema otkopnih jedinica, odnosno široka čela, podrazumeva izradu transportnog i servisnog hodnika od osnovnog hodnika (ovaj hodnik deli eksploataciono polje na dva otkopna krila) prema jednom i

prema drugom otkopnom krilu. Na taj način otkopno polje deli se na otkopne stubove pripremljene za širokočelno otkopavanje.

Sistem pripreme otkopavanja zavisi od sledećih faktora:

- elemente nagiba ugljenog sloja;
- dimenzije jamskog i otkopnog polja;
- proizvodni kapacitet;
- izabrana metoda otkopavanja.

U Tabeli 4, prikazani su elementi i parametri sistema osnovne i otkopne pripreme na tri ugljena ležišta u R. Makedoniji.

Tabela 4 Elementi i parametri sistema osnovne i otkopne pripreme

Ležište		dužina osnovnog transportnog i servisnog hodnika (m)	rastojanje među prip.hodnika (dužina širokog čela) (m)	broj širokih čela	godišnji proizvodni kapacitet (t/god.)
Mariovo		1500	150	2	2.800.000
Živojno	sever	2050	160	1	1.500.000
	jug	2050	160	1	1.500.000
	ukupno			2	3.000.000
Negotino		1200	60 ÷ 80	2÷5	1.650.000

Izrada hodnika vrši se nakon izvršenog sigurnosnog bušenja. Ovo bušenje vrši se u pravcu napredovanja sa ciljem isključenja mogućnosti od iznenadnu pojavu gasa ili vode na radnog čela.

Iskop čela vrši se mašinom za glodanje (rotaciono-lučna mašina), koja pored radnog organa za iskop poseduje i sistem za odvoz uglja, odnosno grabilni transporter. Na ovaj sistem nadovezuju se trakasti transporteri, sa širinom trake 650, odnosno 1000 mm, čije postavljanje ide sukcesivno sa napredovanjem hodnika.

Podgrađivanje hodnika vrši se metalnim lučnim okvirima K-24, sastavljeni od 6 ili 7 segmenata, sa svetlog profila hodnika od 13,34 m², odnosno 17,26 m². Ustvari reč je o standardnoj podgradi tipa MP-1 i MP-2. Međusebno odstojanje lučnih okvira zavisi od naprezanja, koje se javlja u stenama hodnika i iznosi od 0,5 m do 0,75 m. Prosečno dnevno napredovanje kod izradi hodnika iznosi 7,3 m/dan za podgradu tipa MP-1 i 6,8 m/dan za podgradu tipa MP-2.

5 TEHNOLOGIJA EKSPLOATACIJE

Podatke dobijene na bazi dosadašnjih istraživanja ugljanih ležišta u R.Makedoniji, predodređena za podzemnu eksploataciju, kao i iskustva dobivena prilikom otkopavanja ležišta sa sličnim rudarsko-geološkim uslovima, ukazuju na mogućnostima uspešne primene savremene tehnologije otkopavanja, odnosno širokočelna otkopna metoda sa mehanizovanim načinom otkopavanja.

U fazi otkopavanja treba ostvariti visoku koncentraciju proizvodnje sa minimalnog angažovanja radne snage i maksimalnu sigurnost i efikasnost rada.

Savremena otkopna jedinica tipa širokog čela, mora obezbediti kompletnu kompenzaciju visokih investicionih ulaganja.

Imajući u vidu dosada izvršena istraživanja, u preliminarnim studijama, idejnih projekata i investicione programe utvrđeno je da objektivno postoje realne pretpostavke za uspešnu primenu *Širokočelne metode sa kompleksnom mehanizacijom u sistemu horizontalne i vertikalne koncentracije, sa zarušavanjem krovine u otkopanom prostoru.*

U Tabeli br. 5 prikazani su konstruktivni elementi ove metode kod izabranih ležišta uglja.

Tabela 5 Konstruktivni elementi metode

Ležište	Dužina otkopnog fronta (m)	Visina horiz. reza (m)	Visina vert. reza (m)	Korak napred. fronta (m)	Brzina napredov. fronta (m/den)	Dužina otkopnog polja (m)
Mariovo	150	2,80	4,70	1	3	1500
Živojno	160	3÷6	4,0	1	7	2000÷2500
Negotino	60÷80	2,2	4,0	1	3	1050÷1200

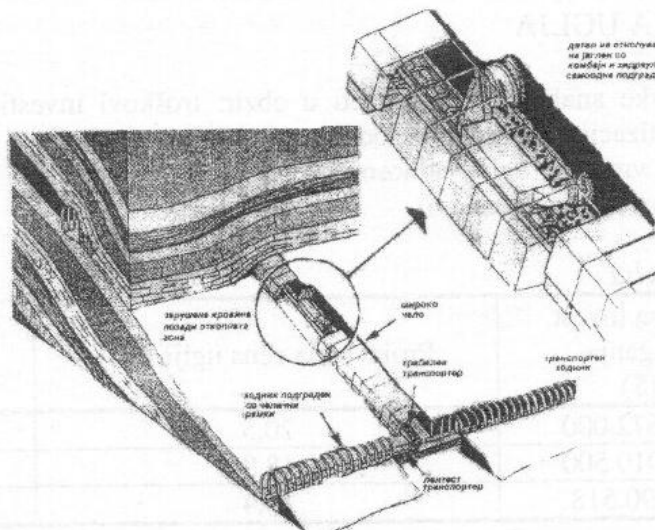
5.1 IZBOR MEHANIZACIJE I OPREME OTKOPAVANJA

Sami izbor tehnologije otkopavanja definiše i izbor opreme otkopavanja i osiguranja širokog čela. Ovde pripada sledeća oprema:

- Hidraulična štitna podgrada za horizontalnom i vertikalnom koncentracijom;
- Mašina - kombajn koja poseduje dva bubnja kao radni organ za rezanje uglja;
- Pumpna stanica za napajanje podgrade;
- Energetski voz;
- Hidraulički sistem za pomeranje transportera;
- Grabilni transporter sa drobilicom za ugalj;
- Sistem za otprašivanje čela i dr.

Cena kompleksne mehanizacije za dužni metar širokog čela iznosi oko 97500 \$/m, tako da za široko čelo sa dužinom od 150 m košta će: 150 m x 97500 \$/m = 14.625.000 \$.

Šematski prikaz širokočelne metode otkopavanja prikazan je na sl. 6.



slika 6 Otkopavanje uglja sa primenom širokočelne otkopne metode

5.2 PROIZVODNI KAPACITET

Proizvodni kapacitet širokog čela je u direktnoj zavisnosti od prirodnih i tehničko-tehnoloških faktora. Na osnovu tehnoloških karakteristika otkopne mehanizacije, prvenstveno brzina pokreta radnog organa kombajna, kapacitet širokog čela sa horizontalnom koncentracijom je:

$$Q = l \cdot n \cdot h \cdot \gamma \cdot n_{rez} \quad (\text{t/den})$$

gde su: l - dužina širokog čela, m

n - dubina reza, m

h - visina reza, m

γ - zatreminska masa uglja, t/m^3

n_{rez} - broj rezova dnevno.

Za konkretne uslove ležišta Mariovo dnevni kapacitet širokog čela sa horizontalne i vertikalne koncentracije će iznositi:

$$l = 150 \text{ m}$$

$$n = 1 \text{ m}$$

$$h = 2,8 \text{ m}$$

$$\gamma = 1,3 \text{ t/m}^3$$

$$n_{rez} = 3$$

$$Q_{hc} = 150 \cdot 1 \cdot 2,8 \cdot 1,3 \cdot 3 = 1638 \text{ t/dan}$$

$$Q_{vc} = 150 \cdot 1 \cdot 4,8 \cdot 1,3 \cdot 3 = 2750$$

$$\text{ukupno:} \quad 4388 \text{ t/dan}$$

Godišnja proizvodnja po širokom čelu će iznositi :

$$Q_{g,c} = 320 \cdot 4388 = 1404160 \approx 1.400.000 \text{ t/god.}$$

Da bi se obezbedila potrebna godišnja količina za kontinualni rad termoelektrane (oko 2.660.000 t) neophodno je potrebno u jami da rade:

$$2660000 : 1400000 = 1,9 \text{ čela , odnosno 2 čela.}$$

5.3 PRODAJNA CENA UGLJA

Na bazi tehno-ekonomske analize, gde su uzeti u obzir: troškovi investicionih ulaganja, troškovi proizvodnje uglja, amortizacije, investiciono održavanje i kredite, određena je proizvodna cena uglja. Imajući u vidu toplotnu vrednost uglja, odnosno njegovi kvalitet, određena je prodajna cena po tonu uglja, u sva tri analizirana ležišta, (tabela 6).

Tabela 6 Cena po toni uglja

Ležište	Ukupna invest. ulaganja (\$)	Proizvodna cena uglja (\$/t)	Prodajna cena uglja (\$/t)
Mariovo	119.672.000	20,5	30,9
Živojno	150.010.500	18,9	23,3
Negotino	48.890.518	18,4	27,7

6 ZAKLJUČAK

Istraživanja urađena u ovome radu pokazuju da rudarsko-geološke uslove ugljanih ležišta u R. Makedoniji, koja zaležu na manje dubine ispod površine, dozvoljavaju primene visokoproduktivnih otkopnih metoda, kao što je recimo širokočelna otkopna metoda. Proizvodna cena uglja koji je proizveden sa podzemnog otkopavanja u upoređenju sa cenom uglja dobijen sa površinskih kopova nije mnogo velika. Svakako da kod podzemne eksploatacije ugljenih slojeva mora se osobita pažnja posvetiti sigurnosnim i zaštitnim merama rada, i to sa aspekata zaštite od jamskih pritisaka, upala metana i ugljene prašine, proboj podzemnih voda i sl. Dokazane rezerve uglja, uslove zaleganja ugljenih slojeva, njihova debljina i toplotna vrednost ukazuju na potrebu od izrade projektne tehničke

dokumentacije u prvoj fazi, a u drugoj fazi, i izradu rudnika za podzemnu eksploataciju uglja. Razume se, da je za realizaciju ovih ciljeva potrebno koristiti iskustva stečena u visoko razvijenim rudarskim zemljama.

7 LITERATURA

- [1] Andreevski B.: *Jagleni*, Univerzitet Sv. Kiril i Metodij-Skopje, Rudarsko-geološki fakultet, Štip, 1995
- [2] Genčić B.: *Tehnološki procesi podzemne eksploatacije slojevitih ležišta, knjiga 1 i 2*, RGF-Beograd, 1984.
- [3] Howard L. Hartman: *SME Mining Engineering Handbook*, 2 nd Edition, 1992
- [4] RI-PIERM, Rudarski institut-Skopje: *Fizibiliti studija za jamska eksploatacija na jaglen za potrebite na TE Bitola od naolali{teto @ivojno*, Skopje, 2004.
- [5] RI-Tuzla, *Idejni projekat izgradnje i eksploatacije ležišta lignita Mariovo kapaciteta 500000 t/g*, Tuzla ,1985.